

OPTICAL OBSERVATIONS OF COMET 1973 XII KOHOUTEK (コホーテク彗星1973XIIの光学域観測)

著者	石井 久司
号	709
発行年	1981
URL	http://hdl.handle.net/10097/24358

氏名・(本籍)	いし い ひさ し 石 井 久 司
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理博第 709 号
学位授与年月日	昭 和 56 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
研 究 科 専 攻	東北大学大学院理学研究科 (博士課程) 天文学専攻
学位論文題目	OPTICAL OBSERVATIONS OF COMET 1973 XII KOHOUTEK (コホーテク彗星 1973 XII の光学域観測)
論文審査委員	(主査) 教 授 高 窪 啓 弥 教 授 菊 池 定 衛 門 教 授 高 橋 真 一

論 文 目 次

Part I . REVIEW OF OPTICAL OBSERVATIONS OF COMETS

1. Spectroscopic Observations of Comets
2. Photometric Observations of Comets

Part II . SPECTROPHOTOMETRIC SCAN OF COMET 1973 XII KOHOUTEK

3. Introduction
4. Observation
5. Reduction
6. Results and Discussions
 - 6-1 Vibrational Temperature of C_2
 - 6-2 The Total Number of CN and C_2
 - 6-3 Production Rates for CN and C_2

(i) Coma Model

(ii) Calculated Results and Discussions

7. Summary and Conclusions

Part III. HIGH-DISPERSION SPECTROSCOPY OF CN VIOLET (0, 0) BAND OF COMET 1973 XII KOHOUTEK

8. Introduction

9. Observation and Reduction

10. Intensity Distribution of the CN Band Spectrum

10-1. Theoretical Treatments

10-2. Computational Results and Comparison with the Observation

11. Spatial Variation of the CN Band Spectrum

12. Summary and Conclusions

SUMMARY AND CONCLUDING REMARKS

ACKNOWLEDGEMENT

REFERENCES

論文内容要旨

第 I 部 彗星の光学観測に関する総合報告

第 I 部は本論文の序論に当たり、第 II 部及び第 III 部に於いて解析される資料を得るために用いられた天体物理学的観測手法によってこれ迄彗星に対して行なわれてきた観測的研究とその成果とを概観するとともに、第 II 部及び第 III 部に於いて行なわれる解析の狙いとする目的と解析の成果との意義をより明確にするための一つの総合報告の試みである。

彗星が人類の関心を引いてから久しいが、その観測的研究にはここ数十年天体物理学的方法が大きな貢献を果たしてきた。今ここで言う方法とは、分光観測と測光観測とであり、この総合報告をまとめるに当たっては、その二つの観測方法を中心に据えてまた両者の特徴を際立たせることに努めていくことにする。取り上げるのは光学域観測が主であるが、近年、電波、赤外、紫外に於ける観測も行なわれるようになって重要な成果も得られているので、問題との関連に於いてそうした成果にも触れる。

彗星の分光学的研究の第一の目的は、彗星のスペクトルをつくり上げている構成粒子の同定である。光学域に於ける同定の大部分は 1956 年以前に行なわれているが、現在なお種々の波長域に於いて同定の仕事は進行中である。近年の重要な検出は、H, HCN, CH₃CN, H₂O⁺, H₂O, CO, CO₂⁺ などであり、特に H や H₂O の検出は、彗星の主要成分としての水を確認したことであり、意義は大きい。分光学的研究の第二の目的は、スペクトルをつくり出す励起機構の検討である。現在迄に、CN, C₂, CO⁺, CO, NH₂, OH などのスペクトルが、主として太陽光による共鳴励起機構によって説明されてきている。この確認は、現在も高分散分光によって個々の彗星に対して行なわれている。太陽光による共鳴蛍光励起を考えた計算と観測結果との相違は、二つの二次効果から説明されている。一つは、彗星の内部運動に原因するグリーンシュタイン効果であり、他は衝突による効果である。これらの二次効果の研究には特に高分散の分光観測が必要であるが、そうした観測からこれ迄に 3 つの彗星に於ける内部運動の存在、また 4 つの彗星に於ける大きな衝突寄与の可能性が示されている。そのうちコホーテク彗星の内部運動を示したものが本論文第 III 部にまとめた仕事である。彗星の分光観測で重要な他の一つは、同位体比の決定であり、現在迄に 3 つの彗星で地球に於ける値にほぼ等しい¹²C/¹³C 比が得られている。

彗星の測光観測の目的の一つは、彗星からやってくるエネルギーを絶対測定して、種々の構成粒子の総数を決めることである。彗星のスペクトルは種々の輝線から成る複雑なものであり、分光測光や狭帯域測光が本質的に必要である。近年は光電装置等を利用してそうした観測が行なわれ、CN, C₂, C₃ 等の量が決められている。分子の総数や、観測されたエネルギーは、通常、彗星コマのモデルを通じて、それらの親分子の彗星核から単位時間に放出される総数に変換されて議論され、太陽からの距離に伴う変化等が研究されている。測光観測からはまた、平均的

振舞に比べた時のフラックス或いは分子生産率の一時的増加現象を示した彗星が知られている。このアウトバーストとも呼ばれる現象はコホーテク彗星 1973 XII でも認められた。測光観測によっては他にスペクトルの連続光成分についても研究されている。

本論文は、以上の様な、彗星の主要な観測方法である分光及び分光測光をコホーテク彗星に対して行なった資料を解析して、幾つかの側面からこの彗星の特徴を研究しようとするものである。

第II部 コホーテク彗星 1973 XIIの分光測光スキャン

ここでは、岡山天体物理観測所の 91 cm 反射鏡カセグレン焦点にスペクトラム・スキャンナーを付けて行なわれた、1973 年 11 月 25 日及び 28 日のコホーテク彗星 1973 XII の分光測光スキャンの資料を解析する。この彗星では、1973 年 12 月 1 日に C_2 や CN のフラックス或いは生産量の一時的増大即ちアウトバーストが見出されている。本観測はその数日前に行なわれており、解析の目的の一つは、12 月 1 日のアウトバーストのすぐ前に於けるこの彗星の状態を調べることである。また、この彗星を知るためにも、彗星一般の理解のためにも、幾つかの情報を引き出すが、そのうちの一つに既に述べた親分子の核からの生産率というものがある。これを導く際には、これ迄は Haser (1957) によるコマ・モデルが使われてきている。このモデルは、核から出てきた親分子が 1 段階の光解離を経て観測される分子を形成すると仮定している。しかし、近年 Yamamoto (1980) により、この仮定は CN には当てはまるが、 C_2 や C_3 は 2 段階の解離を経て形成されるということが主張された。第II部では、CN と C_2 とが議論されるが、従って C_2 については 1 段階の解離による形成(第 2 世代分子)を仮定する場合と 2 段階の解離による形成(第 3 世代分子)を仮定する場合とを取り扱い、併せてこの 2 つのモデルから導かれる C_2 の親分子生産率に関する結果に生ずる相違も考察する。

観測資料は、25 日のダイアフラム 2 mm のスキャン、28 日のダイアフラム 2 mm のスキャン及び 5 mm のスキャンの 3 組を構成する。同時にまた空からの影響を記録するためのスキャン、大気による減光や光学系等の感度を補正するための測光標準星のスキャンも行なわれた。資料をフラックスに整約するための種々の処理は、教室の HP System 45 を用いて行なった。最終的に、情報を導くために調べられたのは、スペクトル中の、CN violet system $\Delta v=0$, C_2 Swan system $\Delta v=0, +1$ シークエンスである。

まず C_2 の 2 つのバンドシークエンスのフラックスの比を、 C_2 の $a^3\Pi_u$ 状態の振動準位間の停振数分布としてボルツマン分布を仮定した計算と合わせることにより、 C_2 の振動温度を決めた。得られた温度は、25 日で約 4900°K、28 日では約 4300°K である。これらの値は、この彗星に対してこれ迄に得られている温度と一致し、また、他の彗星の結果とも同程度である。他に、 C_2 の振動温度を容易に導くのに有用な図及び式を示した。

次に、観測されたフラックスから、CN 及び C_2 の、観測した領域内の総数、平均の柱密度、

そして C_2 と CN の個数比を導いた。 C_2 の CN に対する比は、両日でほぼ一定であり、平均値は約 2.7 である。

続いて CN 及び C_2 の親分子の生産率を求めた。その際 CN については第 2 世代分子を仮定し、 C_2 については第 2 世代及び第 3 世代を仮定する 2 つの場合について求めた。求めるにあたって、まず、第 1 世代から第 3 世代にまで適用し得る彗星コマ中の分子を与えるモデルを、フラックスから親分子の生産率に変換するのに適当な形に導いた。結果として、親分子の生産率はダイアフラムの異なる観測で異なるべきではないが、そうした誤差が C_2 の場合第 3 世代を仮定した方が小さいことが見出された。また、両日の生産率にはかなりの相違が見出されたが、それが平均的振舞に比べてどの程度のものかを調べるために、既に出版されている資料も利用してみた。その結果、観測ごとの系統誤差の若干の検討の後に、25 日にもアウトバーストがあったことが結論された。従ってこの彗星は、12 月 1 日に観測されているものも含めて、この約一週間に少なくとも 2 回のアウトバーストを起こしたことになる。この、他の資料も利用した検討からは更に、 C_2 が第 3 世代分子であるとする結論が支持され得ること、 C_2 の世代に関する仮定が、観測から決められる親分子の生産率の太陽からの距離に伴う変化に関する結果に重大な影響を与え得ることが結論される。この、 C_2 の世代に関する仮定に伴う相違を最後に一般的に議論し、また、CN、 C_2 の観測されるフラックスから親分子の生産率を求めるのに有用な図及び表を提出して第 II 部を終わる。

第 III 部 コホーテク彗星 1973 XII の CN バイオレット (0, 0) バンドの高分散分光

第 III 部は、1974 年 1 月 22 日に、岡山天体物理観測所の 188cm 反射鏡クーデ分光器に撮像増倍管を付けて得られた、コホーテク彗星 1973 XII の CN バンドの高分解スペクトルを解析する。スペクトルは、 4.1 \AA mm^{-1} という、これ迄彗星に対して使われた分散の中でも分子スペクトルに関しては最も高い分散を使って得られたものの一つである。解析の目的の一つは、この彗星に於ける CN の励起機構の研究である。これ迄 CN については、その高分散スペクトルから、ムルコス彗星 1957 V、イケヤ-セキ彗星 1965 VIII、ベネット彗星 1970 II に於いて、太陽光による共鳴蛍光励起が確認されているが、本解析は、この機構をこの彗星に於いても検討しようと試みるものである。更に、二次的効果の検討として、衝突効果については極端な場合のみを若干調べ、また、グリーンシュタイン効果については、スペクトルの空間的变化の様子からこの彗星の内部運動に関する情報を引き出すところまで検討を進める。二次的効果の研究は高分散分光によって初めて可能なものであり、特に、内部運動が或る程度調べられているのはわずかの数の彗星にしかすぎない。

スペクトルは回転構造もよく分解され、R 枝では R (20) 線まで認められる。また線強度の彗星核部分に関する空間的非対称性が認められるが、これは後の解析からほぼ CN の柱密度の非対称によるものと考えられる。乾板の濃度は測微光度計によって測定され、較正用光源の資料を

使ってエネルギーに比例する量に変換された。

まずスペクトルの回転線強度分布を再現することによって、CN の励起機構を検討することを試みた。そのために、太陽光とその吸収線の効果及び彗星の太陽に対する視線速度を取り込んだ共鳴励起の計算を行ない、CN の基底振動準位に於ける回転準位停在数分布を求め、それから生ずる回転線の相対強度分布を導いた。また、衝突励起の極端な場合として回転準位停在数分布にボルツマン分布を仮定した計算も行なった。その結果、いずれの計算によっても、太陽吸収線の効果を取り込んだことによる観測との良い一致が得られ、更に、主に太陽光による共鳴機構によって励起されているものと結論して差し支えない一致も得た。しかし、観測の限界によって、二次的効果としての衝突効果がかかなりあったかも知れぬ可能性は残された。なお、回転準位停在数分布に適当に合うボルツマン分布から、CN の回転温度約 350°K が求められた。

次に、回転線の相対強度の空間的变化を測定し、それを、CN ラディカルの太陽に対する速度の微妙な変化に伴う強度変化に関する計算結果と比較して、この彗星のコマの内部運動を検討した。その結果、CN 自身の速度を敏感に反映する回転線の強度変化から、この彗星のコマ内には内部運動が存在し、その速度は $\pm(4 \sim 5) \text{ km s}^{-1}$ を越えないことが示され、また、彗星核から $4000 \sim 10000 \text{ km}$ あたりの所では太陽に向かう速度を持つことが、更に、約 10000 km の所では太陽に向かう $3 \sim 4 \text{ km s}^{-1}$ の速度が示唆される。

総括及び結語

本論文の結論をまとめ、将来の観測に若干触れる。また、当教室に於いてもテストの進行中である固体検出器の利用について触れ、更に、1986 年に再びやってくるハレー彗星への期待を述べて本論文を終わる。

論文審査の結果の要旨

彗星は不時に現れるため良質の測定資料の得にくい天体であるが、幸にして Kohoutek 彗星 1973 XII の光学域スペクトルが光電的および写真的に観測された。本論文はこれらの資料を詳しく解析してこの彗星の物理的状態を明らかにするとともに、彗星コマ内部における化学変化に関する洞察を得ることを目的としたものである。

まず、光電的な分光資料はこの彗星の近日点通過以前(1973 年 11 月 25 日, 11 月 28 日)の観測から得られたもので、 3700 \AA から 5600 \AA の範囲の波長域における C_2 および CN 分子の発光スペクトルを含み、定量的な取扱いが可能である。著者は C_2 分子の二つの振動準位における滞在数比より振動温度の評価を行い、約 4600°K という値を得ているが、これは他の観測者の得たものとよく一致する。また C_2 および CN 分子の柱密度を決定し、 C_2/CN 比が観測の期間にわたって大略一定の 2.7 であることを見出した。しかし、著者が最も力を注いだのは C_2 および CN の親分子の生成速度に関してである。従来は、どちらの分子も、彗星核から昇華した分子の光解離によって生ずるとする説、すなわち第二世代分子仮説に基づいて観測資料の分析が行われていたが、著者は議論を更に第三世代仮説まで拡張し、これに基づいた資料分析を行って、 C_2 分子は第三世代分子である可能性のあることを示唆している。また、他の観測も参考にした考察から、11 月 25 日には分子生成速度に異常増加(outburst)があったことも示した。

次に写真的な分光資料は近日点通過以後(1974 年 1 月 22 日)に得られたもので、分散は約 4 \AA/mm に及び、紫色部の $\text{CN} (0, 0)$ バンドの R 分岐の各スペクトル線(R (20) まで)がよく分離されている。これらスペクトル線の回転準位に伴う強度分布はかなり不規則であるが、これは彗星・太陽の相対運動と太陽の Fraunhofer スペクトルとの相乗作用に基づく共鳴蛍光効果として見事に説明される。また線強度比は彗星コマ中の場所によって複雑に変化するが、これから 2 ないし 3 km/s の内部運動のあることも示された。

以上本論文は彗星のコマに於ける物理状態ならびに分子発生機構について研究したものであって、数々の新知見を得ており、この方面での研究に重要な貢献をなすものであるとともに、著者が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力およびその基礎となる豊かな学識を有するものであることを示している。よって石井久司提出の論文は理学博士の論文として合格と認める。